昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, May 2011, 54(5): 602 - 608 ISSN 0454-6296

红火蚁与两种本地蚂蚁间的干扰竞争

高 燕[1], 吕利华[1,*], 何余容[2], 齐国君[1], 张金强[2]
(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广州 510640; 2. 华南农业大学资源环境学院, 广州 510642)

摘要: 为了探讨重大入侵生物红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 与本地蚂蚁的竞争机制以及红火蚁成功入侵的机理, 本研究以红火蚁和2种本地蚂蚁黑头酸臭蚁 *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius)及亮红大头蚁 *Pheidole fervida* Smith 为材料, 室内测定了红火蚁分别与黑头酸臭蚁、亮红大头蚁之间在个体水平和种群水平上的攻击性和攻击强度。一对一攻击试验结果表明:红火蚁和黑头酸臭蚁之间攻击级别多集中在Ⅲ级, 即竞争优势明显的红火蚁对黑头酸臭蚁缺乏激烈的攻击, 只是在相互攻击时多摆出威胁姿势; 红火蚁与亮红大头蚁之间攻击性较强, 尤其是红火蚁中型和小型工蚁与亮红大头蚁兵蚁之间的攻击性(3.35 和 3.30)显著强于红火蚁大型工蚁与亮红大头蚁兵蚁的攻击性(2.70)。群体攻击试验结果表明:与黑头酸臭蚁群体攻击的红火蚁各处理组合中, 无死亡红火蚁出现, 而黑头酸臭蚁死亡率为31.80%; 而与亮红大头蚁群体攻击中, 红火蚁死亡率为0.20% ~12.00%, 而亮红大头蚁平均死亡率为49.91%。可见, 红火蚁的群体攻击能力强于黑头酸臭蚁和亮红大头蚁, 其中红火蚁与亮红大头蚁间的相互攻击程度激烈, 死亡率较高, 而与黑头酸臭蚁间的攻击程度较弱, 可能由于黑头酸臭蚁化学防御对本身起到一定的保护作用, 这为进一步加强红火蚁发生区本地蚂蚁优势种——黑头酸臭蚁的保护利用提供理论基础。

关键词: 红火蚁; 黑头酸臭蚁; 亮红大头蚁; 干扰竞争; 攻击试验
中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2011)05-0602-07

Interference competition between the red imported fire ant (*Solenopsis invicta* Buren) and two native ant species (Hymenoptera: Formicidae)

GAO Yan[1], LÜ Li-Hua[1,*], HE Yu-Rong[2], QI Guo-Jun[1], ZHANG Jin-Qiang[2] (1. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to explore the mechanism of interference competition of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, against native ants and the success of invasive species, important invasive species *S. invicta* and two native ants *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius) and *Pheidole fervida* Smith were used as test insects in this study. Interference competition between *S. invicta* and two native ants at one-on-one and community levels was studied in the laboratory. The aggressiveness test at the one-on-one level between *S. invicta* and *T. melanocephalum* revealed that the mutual aggressiveness was weak because workers of both species did not perform stronger tussle, but only displayed threatening posture although *S. invicta* had more competitive advantage. The aggressive level was concentrated on level Ⅲ. The aggressive indices between one of minor, medium workers of *S. invicta* and soldiers of *P. fervida* were significantly higher than those between major workers of *S. invicta* and soldiers of *P. fervida*, suggesting that the aggression between those two ants are more intensive. In tests at the community level, no dead *S. invicta* ants were found in competitive combination of *S. invicta* against *T. melanocephalum* with the average mortality of 31.80% for *T. melanocephalum* ants, although the mortality for *S. invicta* was 0.20% - 12.00% in competitive combination of *S. invicta* against *P. fervida* with the average mortality of 49.91% for *P. fervida* ants. The results indicated that the aggressive intensity of *S. invicta* was stronger than the two native ants, and the aggressiveness between *S. invicta* and *P. fervida* was stronger than that between *S. invicta* and *T. melanocephalum*. The lower mortality of *T. melanocephalum* may owe to its chemical defensive ability. This work laid a theoretical foundation for further study on protection and utilization of the dominant native species *T. melanocephalum* against *S. invicta*.

基金项目: 广东省自然科学基金项目(6025386); 广东省农业科学院植物保护研究所所长基金(植-2009-5)
作者简介: 高燕, 女, 1977 年生, 山东临沂人, 博士, 研究方向为化学生态学, E-mail: beauty-gaoyan@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: lhlu@gdppri.com
收稿日期 Received: 2010-08-25; 接受日期 Accepted: 2011-03-27

Key words: Red imported fire ant (*Solenopsis invicta*); *Tapinoma melanocephalum*; *Pheidole fervida*; interference competition; aggressiveness test

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种危害严重的入侵生物，于 2004 年 10 月入侵我国广东(曾玲等，2005)。此后，在福建、湖南、广西、香港和澳门等省(区)相继发现红火蚁为害(张润志，2005)。红火蚁入侵不仅影响农牧业生产，对人畜健康造成极大威胁，而且通过资源竞争和干扰竞争与当地蚂蚁争夺食物和生态位，使本地蚂蚁群落的多样性、均匀度和优势度均发生剧烈变化，排挤或逐渐取代本地蚂蚁，严重破坏当地生态系统平衡(Gotelli and Arnett，2000；Morrison，2000；沈鹏等，2007；宋侦东等，2010)。

黑头酸臭蚁 *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius) 和亮红大头蚁 *Pheidole fervida* Smith 这 2 种本地蚂蚁在长期自然进化过程中在广东省已形成了一定的地理分布和竞争优势，成为广东省本地优势种(刘杰等，2006；Zheng *et al.*，2007；吴碧球等，2008)。黑头酸臭蚁和亮红大头蚁种群数量较大可能对红火蚁入侵具有抵御作用。红火蚁与 2 种本地蚂蚁发生竞争时存在明显的不对称性，其中红火蚁个体明显大于黑头酸臭蚁和亮红大头蚁，而且还具有螯针、毒液和庞大的种群数量(Solley *et al.*，2002)，从而具有强大的攻击性。本文研究、测定了红火蚁和本地蚂蚁在个体水平和群体水平上攻击强度，将有助于了解红火蚁与本地蚂蚁的竞争机制以及红火蚁成功入侵的机理，为红火蚁发生区本地蚂蚁群落优势种的保护和利用提供科学依据。

1　材料和方法

1.1　供试昆虫

供试红火蚁实验种群采自广州市萝岗区黄麻村，其田间采集、室内蚁群分离及饲养参照吕利华等(2006)方法。用标准筛区分为大型工蚁(头宽 > 1.35 mm)，中型工蚁(头宽 1.0 ~ 1.35 mm)以及小型工蚁(头宽 < 1.0 mm)。

供试黑头酸臭蚁实验种群采自广州市萝岗区黄麻村，在 25 ± 2℃、相对湿度 70% 条件下用蜂蜜块、黄粉虫或蟋蟀饲养。

供试亮红大头蚁实验种群采自广东省农科院东区苗圃，在 25 ± 2℃、相对湿度 70% 条件下饲喂蜂蜜、黄粉虫或蟋蟀，放入“水试管”人工蚁巢(吕利华等，2006)。

1.2　红火蚁与其他供试蚂蚁间个体攻击性测定

试验前 2 d 只用蜂蜜和水饲喂个体大小不同的 3 种红火蚁工蚁、黑头酸臭蚁和亮红大头蚁。然后将直径 15 mm、长 30 mm 离心管截成长 10 mm 的两端通透的短管，竖立在 A4 打印纸上，作为蚂蚁攻击行为的观察管(管内壁涂上滑石粉以防止供试蚁逃逸)。

试验时，将两头不同类型的供试蚂蚁罩在同一观察管中，肉眼近距离观察蚂蚁个体间的攻击行为。蚂蚁种间个体攻击行为分为 4 个级别：Ⅰ级为短时间触角接触(≤1 s)；Ⅱ级为长时间触角接触(≥1 s)；Ⅲ级为翘起腹部，张开上颚摆出威胁的姿势，或者一方用上颚迅速铗对方；Ⅳ级为相互攻击纠缠在一起，或者一方攻击另一方(用上颚铗或用螯针蛰)(Suarez *et al.*，2002；Grangier *et al.*，2007)。持续观察 5 min，并记录 2 种蚂蚁相互攻击级别。供试蚂蚁一对一处理组合见表 1，共 9 个组合，每个组合重复 20 次。

表 1　3 种供试蚂蚁间一对一攻击性试验的处理组合

Table 1　Combinations of one-on-one aggressiveness test among three ants tested

	红火蚁工蚁 Workers of *Solenopsis invicta*		
	大型工蚁 Major workers	中型工蚁 Medium workers	小型工蚁 Minor workers
黑头酸臭蚁工蚁 Workers of *Tapinoma melanocephalum*	1:1	1:1	1:1
亮红大头蚁兵蚁 Soldiers of *Pheidole fervida*	1:1	1:1	1:1
亮红大头蚁工蚁 Workers of *P. fervida*	1:1	1:1	1:1

1.3 红火蚁与其他供试蚂蚁间群体攻击性测定

为确定在群体水平红火蚁攻击强度及合作性是否比黑头酸臭蚁和亮红大头蚁强，用 15 目标准筛分出大型和中小型红火蚁工蚁混合型，并在试验前两天各种供试蚁只饲喂蜂蜜和水。群体攻击强度测定在方盒(55 mm × 55 mm × 33 mm)中进行。红火蚁与其他供试蚂蚁间的数量比为 5∶1，3∶1，1∶1，1∶3，1∶5，然后混合(李永忠等，1999)，而且红火蚁大型工蚁和亮红大头蚁兵蚁数量占每处理总数的 1/10。

将供试数量的红火蚁工蚁放入直径 20 mm、长 40 mm 的塑料直筒瓶(内壁靠近瓶口 1/2 处、外壁都涂上滑石粉)中，将其倒扣在方盒(内壁涂布滑石粉)中。计数黑头酸臭蚁供试数量时，直接用手轻弹"水试管"人工蚁巢，使工蚁掉落在方盒的直筒瓶外面。用毛笔挑入供试数量的亮红大头蚁放入方盒中。当将 2 种蚂蚁分别置于直筒瓶内及外后，让供试蚂蚁静置 5 min。试验时，迅速抽出塑料瓶让两种蚂蚁的供试群体充分接触，相互攻击 20 min 后，观察各自的死亡情况，将打斗后死亡的及不能站立(1 h 内)的个体定为死亡个体，计算死亡率。每个处理重复 15 次。

1.4 数据处理

$$攻击指数 = \frac{\sum 各攻击级别 \times 各攻击次数}{\sum 攻击次数}$$

$$死亡率(\%) = \frac{攻击后死亡及不能站立的蚁头数}{攻击前蚁头数} \times 100$$

3 种供试蚂蚁间一对一攻击性测定时的攻击指数比较采用邓肯氏新复极差检验。2 种蚂蚁群体攻击时，不同蚂蚁处理间死亡率比较进行 *t* 检验。所有统计分析数据均采用 SAS 软件(SAS 9 版本)进行。

2 结果与分析

2.1 红火蚁与其他供试蚂蚁间个体攻击性测定

红火蚁工蚁与黑头酸臭蚁一对一攻击试验结果表明(图 1)，黑头酸臭蚁与红火蚁大型、中型和小型工蚁之间攻击级别 Ⅰ 和 Ⅱ 共占 20%，45% 和 5%；攻击级别Ⅲ分别占 80%，45% 和 90%；攻击级别Ⅳ分别占 0，10% 和 5%，说明红火蚁与黑头酸臭蚁之间攻击性较弱，两种蚂蚁遭遇时多仅摆出威胁的姿势，缺乏实质性攻击。

红火蚁与亮红大头蚁间不同处理组合一对一攻击试验结果(图 2)表明，红火蚁大型、中型和小型工蚁分别与亮红大头蚁兵蚁和工蚁攻击级别Ⅱ占总数的比例分别为 60%，30%，20%，95%，35% 和 40%；级别Ⅳ所占比例分别为 30%，65%，50%，5%，65% 和 45%。其中，红火蚁大型工蚁与亮红大头蚁工蚁级别Ⅱ占的比例最高为 95%，红火蚁中型工蚁与亮红大头蚁兵蚁和工蚁攻击级别Ⅳ所占比例最高都为 65%。结果表明红火蚁与亮红大头蚁之间攻击性较强，双方遭遇时，经长时间触角接触后，可相互攻击纠缠在一起。

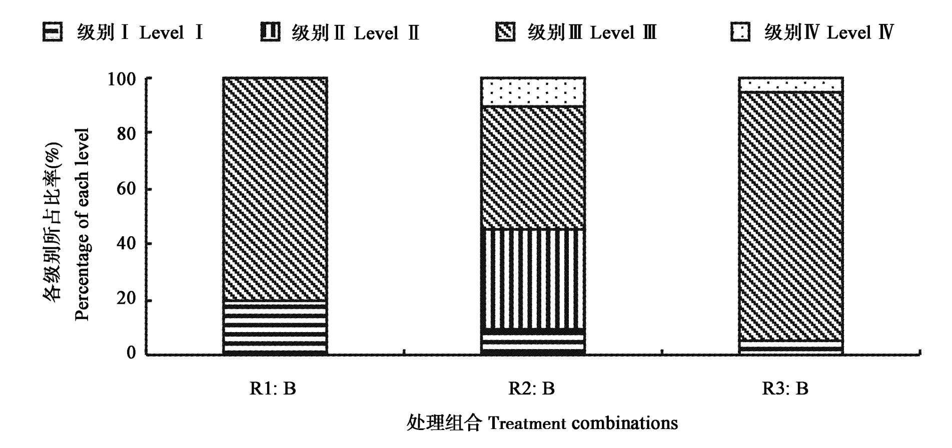


图 1 红火蚁与黑头酸臭蚁间一对一攻击级别分布图

Fig. 1 Aggressive level between *Solenopsis invicta* and *Tapinoma melanocephalum* in one-on-one competition

R1, R2, R3：分别代表红火蚁大型、中型和小型工蚁 Major, medium and minor workers of *S. invicta*, respectively; B：黑头酸臭蚁工蚁 Workers of *T. melanocephalum*.

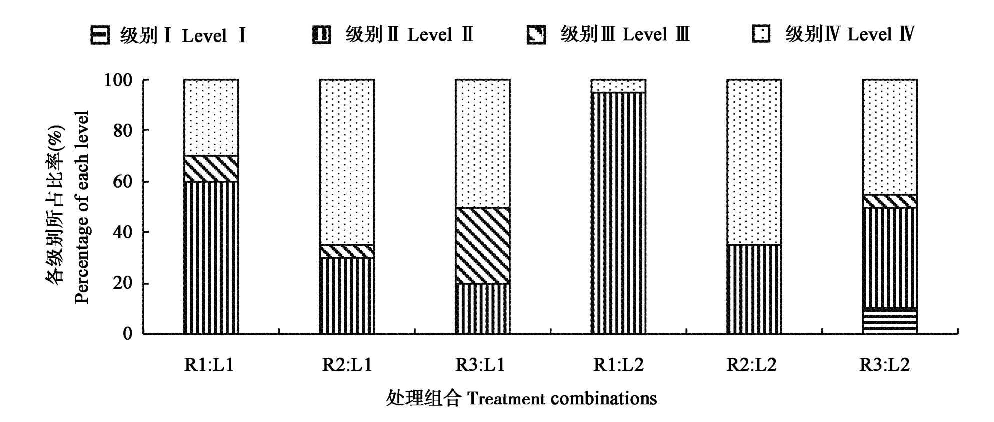


图 2　红火蚁与亮红大头蚁间不同处理组合一对一攻击级别分布图

Fig. 2　Aggressive level between *Solenopsis invicta* and *Pheidole fervida* in one-on-one competition of different combinations

R1, R2, R3：分别代表红火蚁大型、中型和小型工蚁 Major, medium and minor workers of *S. invicta*, respectively; L1, L2：分别代表亮红大头蚁兵蚁和工蚁 Soldiers and works of *P. fervida*, respectively.

红火蚁大型工蚁、中型工蚁与黑头酸臭蚁工蚁攻击指数(表 2)分别为 2.60 和 2.55，低于小型工蚁与黑头酸臭蚁工蚁的 2.95，但三者间差异不显著($P=0.05$)。行为观察发现，个体明显较大且具有较强物理攻击武器(螯针和上颚)的红火蚁(头宽平均为 0.89 mm)对黑头酸臭蚁(头宽平均为 0.45 mm)并无明显的攻击行为，推测黑头酸臭蚁可能有保护自身的能力。

红火蚁中型工蚁和小型工蚁与亮红大头蚁兵蚁攻击指数(表 2)为 3.35 和 3.30，显著高于红火蚁大型工蚁与亮红大头蚁兵蚁的 2.70；红火蚁中型工蚁和小型工蚁与亮红大头蚁工蚁攻击指数为 3.30 和 2.85，明显高于红火蚁大型工蚁与亮红大头蚁工蚁的 2.10，差异显著。说明红火蚁中型和小型工蚁与亮红大头蚁兵蚁之间的攻击性强于红火蚁大型工蚁与亮红大头蚁兵蚁的，这可能与双方个体大小相近有关。另外，试验过程中发现，亮红大头蚁兵蚁和工蚁与红火蚁工蚁相遇时，亮红大头蚁先静止不动，红火蚁用触角敲击亮红大头蚁(级别Ⅱ)，待红火蚁工蚁离去时方才离开；而当亮红大头蚁受到红火蚁攻击时，会立即反攻对方(级别Ⅳ)，推测亮红大头蚁采用假死的方式躲避其他种类蚂蚁。

表 2　3 种供试蚂蚁间不同处理组合一对一攻击性测定

Table 2　The aggressive ability of *Solenopsis invicta* against two native ants in one-on-one competition of different combinations

	与红火蚁工蚁的攻击指数 Aggressive indices between workers of *S. invicta* and two native ants			
	大型工蚁 Major workers	中型工蚁 Medium workers	小型工蚁 Minor workers	工蚁 Workers
黑头酸臭蚁工蚁 Workers of *Tapinoma melanocephalum*	2.60 ±0.1835 a	2.55 ±0.1846 a	2.95 ±0.1141 a	2.71 ±0.0895 b
亮红大头蚁兵蚁 Soldiers of *Pheidole fervida*	2.70 ±0.2065 b	3.35 ±0.2087 a	3.30 ±0.1792 a	3.11 ±0.1133 a
亮红大头蚁工蚁 Workers of *P. fervida*	2.10 ±0.1000 b	3.30 ±0.2188 a	2.85 ±0.2542 a	2.75 ±0.1121 b

表中数据是 20 个重复的平均值 ± *SE*；前 3 列同行数据比较，数据后带有不同字母者，表示在 0.05 水平上差异显著；最后 1 列数据纵向比较，数据后带有不同字母者，表示在 0.05 水平上差异显著(Duncan 氏多重比较，$P<0.05$)。Data in the table are the mean ± *SE* of twenty repeats; the data in the same row of the first 3 columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at the 0.05 level; the data in the last column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

将红火蚁工蚁所有类型与黑头酸臭蚁工蚁、亮红大头蚁兵蚁和工蚁进行差异性分析(表2)。结果表明，红火蚁与亮红大头蚁兵蚁的攻击指数3.11，显著高于其与黑头酸臭蚁的2.71和与亮红大头蚁工蚁的2.75，说明红火蚁与亮红大头蚁兵蚁之间攻击激烈程度最高，这可能与双方个体大小相近有关(供试红火蚁工蚁头宽平均为0.89 mm，而亮红大头蚁兵蚁头宽为0.9 mm)。另外，主司防御功能的亮红大头蚁兵蚁具有强大的上颚，其攻击能力比黑头酸臭蚁工蚁和亮红大头蚁工蚁强。

2.2 红火蚁与其他供试蚂蚁间群体攻击性测定

红火蚁与黑头酸臭蚁群体攻击试验结果表明(表3)，红火蚁工蚁没有死亡，黑头酸臭蚁死亡率介于2.20% ~72.67%。当红火蚁与黑头酸臭蚁数量均为10头时，黑头酸臭蚁死亡率为39.33%，明显高于红火蚁($t = 21.73$，$P = 0.0021$)，说明红火蚁的攻击强度明显强于黑头酸臭蚁，而黑头酸臭蚁的反击能力极弱，甚至无攻击能力。在红火蚁与黑头酸臭蚁的比例为1∶1时，黑头酸臭蚁死亡率为39.33%，当红火蚁数量增加到30头时，黑头酸臭蚁死亡率无明显变化，但增加到50头时，死亡率明显增高达72.67%；保持红火蚁数量不变，黑头酸臭蚁数量增加到30头，黑头酸臭蚁死亡率为5.47%，再增加到50头时，死亡率降低到2.20%。试验说明随着红火蚁数量增加，其对黑头酸臭蚁的攻击强度增强；而随着黑头酸臭蚁群体数量增加，其自身的保护作用亦有所增加，所以其死亡率有所降低。

表3 红火蚁与黑头酸臭蚁群体攻击强度测定

Table 3 Aggressive ability between *Solenopsis invicta* and *Tapinoma melanocephalum* at community level

处理组合(红火蚁:黑头酸臭蚁) Combinations (*S. invicta*:*T. melanocephalum*)	死亡率(%) Mortality	
	红火蚁 *S. invicta*	黑头酸臭蚁 *T. melanocephalum*
5:1	0	72.67 ±0.0452 **
3:1	0	39.33 ±0.0452 **
1:1	0	39.33 ±0.0408 **
1:3	0	5.47 ±0.0111 **
1:5	0	2.20 ±0.0134 **

表中数据是15个重复的平均值 ± *SE*；每一组合的两个处理经过 *t* 检验，** 示差异性显著($P < 0.01$)；下同。
Data in the table are the mean ± *SE* of fifteen repeats; ** indicates significant differences between members of a pair (*t*-test, $P < 0.01$). The same below.

在红火蚁与亮红大头蚁群体攻击试验中，红火蚁工蚁的死亡率为0.20%~12.00%，而亮红大头蚁群体的死亡率为16.00%~85.33%(表4)。当红火蚁与亮红大头蚁数量均为10头时，亮红大头蚁死亡率为16.00%，明显高于红火蚁的1.33%($t = 12.71$，$P = 0.0002$)，说明红火蚁攻击强度明显强于亮红大头蚁。此外，当增加红火蚁的数量到30头和50头时，组合间红火蚁死亡率没有明显变化，而亮红大头蚁群体死亡率增加到59.33%和85.33%，后者死亡率均明显高于前者。结果说明随着红火蚁数量增加，其对亮红大头蚁的攻击强度增大。当保持红火蚁群体数量不变，而增加亮红大头蚁数量，增加到30头(含有3头兵蚁)，其死亡率从16.00%上升到45.40%，明显地增加，这可能是因为在同比例增加情况下，亮红大头蚁兵蚁头数从1头增加到3头，而工蚁从9头增加到27头，而亮红大头蚁工蚁攻击强度弱于红火蚁，因此死亡率反而增高。相反当亮红大头蚁数量增加范围在5∶1 ~1∶3之间，红火蚁死亡率无显著增加，当亮红大头蚁数量增加到50头(含有5头兵蚁)，红火蚁群体的死亡率达12.00%，明显高于其他处理组合。由此说明红火蚁与亮红大头蚁之间相互攻击非常激烈，而且当亮红大头蚁数量增加到一定量，它对红火蚁的攻击强度也会增强，可能是由于兵蚁数量增加的原因。

在红火蚁与黑头酸臭蚁或亮红大头蚁群体攻击性试验中发现，与黑头酸臭蚁群体攻击的红火蚁各处理组合中，无死亡红火蚁出现；而与亮红大头蚁

表 4　红火蚁与亮红大头蚁群体攻击强度测定

Table 4　Aggressive ability between *Solenopsis invicta* and *Pheidole fervida* at community level

处理组合(红火蚁:亮红大头蚁) Combinations (*S. invicta*:*P. fervida*)	死亡率(%) Mortality	
	红火蚁 *S. invicta*	亮红大头蚁 *P. fervida*
5:1	0.40 ±0.0029	85.33 ±0.0401 **
3:1	0.20 ±0.0020	59.33 ±0.0848 **
1:1	1.33 ±0.0091	16.00 ±0.0411 **
1:3	2.00 ±0.0107	45.40 ±0.0537 **
1:5	12.00 ±0.0416	43.47 ±0.0549 **

群体攻击中，红火蚁死亡率为 0.20%~12.00%，结果说明与红火蚁群体攻击时，亮红大头蚁的群体攻击能力较黑头酸臭蚁强。同时，比较 2 种本地蚂蚁与红火蚁群体攻击中的防御能力，在与红火蚁各攻击组合中亮红大头蚁平均死亡率为 49.91%，黑头酸臭蚁为 31.80%。说明红火蚁与亮红大头蚁间的相互攻击程度激烈，死亡率较高，而与黑头酸臭蚁间的攻击程度较弱，另外也可能由于黑头酸臭蚁化学防御对其起到一定的保护作用。

3　讨论

在干扰竞争过程中，入侵红火蚁拥有比本地蚂蚁更为有利的攻击手段和防御手段。红火蚁工蚁腹部分泌的毒液可以杀死阿根廷蚁 *Linepithema humile* Mayr 和加利福尼亚州的一些蚂蚁，其中红火蚁螯针和分泌的毒液是红火蚁与阿根廷蚁干扰竞争中取胜的关键所在(Obin and Vander Meer, 1985; Greenberg *et al*., 2008)。红火蚁能够在澳大利亚布里斯班成功定殖，是由于其不同寻常的毒液、超大的种群和能够多次蛰刺而具有的强烈攻击性，这也是红火蚁比本地蚂蚁强大的原因(Solley *et al*., 2002)。Morrison (2000)研究发现，杂交火蚁(红火蚁和黑火蚁 *Solenopsis richteri* Forel 的杂交种)与红火蚁群体攻击中，杂交火蚁工蚁的死亡率较高，说明入侵红火蚁的竞争优势明显强于本地蚂蚁。

本研究发现红火蚁较黑头酸臭蚁和亮红大头蚁不仅在个体大小方面占明显优势，而且红火蚁还利用强硬的上颚、螯针和毒液来攻击本地蚂蚁。在黑头酸臭蚁或亮红大头蚁与红火蚁的干扰竞争试验中发现，利用上颚攻击的亮红大头蚁死亡率较高，而具有化学防御功能的黑头酸臭蚁死亡率较低。推测这与黑头酸臭蚁工蚁受到攻击时会分泌化学物质，对攻击方有驱避作用和攻击作用，从而保护自身有关。行为观察表明，黑头酸臭蚁在遭遇红火蚁时，会喷出臀腺分泌物到入侵者身上，被臀腺分泌物喷到的入侵者步履蹒跚，足部粘连，其同伴更不上前(李军等，2008)。由此可见，黑头酸臭蚁产生的臀腺分泌物对红火蚁具有较强的驱避功能。这与 Tomalski 等(1987)在研究黑头酸臭蚁与热带火蚁 *Solenopsis geminata* (Fabricius)相互攻击中利用臀腺分泌物起到预警防御功能的结果类似。黑头酸臭蚁的这种驱避功能，为今后检测、分离其臀腺分泌物的化学组分，明确其化学功能，研发新型红火蚁驱避剂提供了重要基础。

数量上的优势是决定蚂蚁种间竞争结果的关键因素(Holway *et al*., 2002)。本研究中，保持红火蚁数量不变，当黑头酸臭蚁数量增加时，其死亡率随之而降低，自身保护作用增强。在野外食物资源争夺过程中，数量优势在种间竞争中表现的尤为突出。郑基焕和张润杰(2010)研究表明，红火蚁往往凭借数量上的优势，较黑头酸臭蚁率先争得食物资源；但是由于食物喜好性不同，这可能促进了黑头酸臭蚁与红火蚁的共存。

就红火蚁而言，当地蚂蚁会与新建的红火蚁种群争夺资源，或者杀死红火蚁蚁后，通过降低其成功建立种群比率来延缓其扩散(Porter *et al*., 1988)。研究表明，本地蚂蚁的存在的确对红火蚁的入侵起到一定的抑制作用(Vogt *et al*., 2005)。因此，在利用化学药剂有效减少或消灭红火蚁时，选择对本地蚂蚁毒性低，或使用恰当的施药方法，在杀死红火蚁蚁后和工蚁的同时提高本地蚂蚁对红火蚁的竞争能力，可充分发挥本地蚂蚁群落抵御红火蚁入侵的能力，也是保护当地生态环境的一种策略。

致谢 本实验部分工作在广东省农业科学院植物保护研究所蔬菜害虫防控课题组完成，感谢冯夏研究员、陈焕瑜高级农艺师的大力支持。

参 考 文 献 (References)

Gotelli NJ, Arnett AE, 2000. Biogeographic effects of red fire ant invasion. *Ecology Letters*, 3(4): 257-261.

Grangier J, Le Breton, Dejean A, Orivel J, 2007. Coexistence between *Cyphomyrmex* ants and dominant populations of *Wasmannia auropunctata*. *Behavioural Processes*, 74(1): 93-96.

Greenberg L, Kabashima JN, Allison CJ, Rust MK, Klotz JH, Hurvois JP, Paine TD, 2008. Lethality of red imported fire ant venom to Argentine ants and other ant species. *Annals of the Entomological Society of America*, 101(6): 1162-1168.

Holway DA, Lach L, Suarez AV, Tsutsui ND, Case TJ, 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 181-233.

Li J, Han SC, Li ZG, Zhang BS, 2008. The behavior observation of *Tapinoma melanocephalum* native competitive species of *Solenopsis invicta*. *Plant Quarantine*, 22(1): 19-21. [李军，韩诗畴，李志刚，张碧胜，2008. 红火蚁本地竞争种——黑头酸臭蚁行为观察. 植物检疫，22(1): 19-21]

Li YZ, Li XS, Wang WX, Zhang J, Mo JC, 1999. Tolerance between termite populations. *Journal of Central South Forestry University*, 19(4): 41-44. [李永忠，李雄生，王问学，张军，莫建初，1999. 白蚁种间及种内群体的相容性初步研究. 中南林学院学报，19(4): 41-44]

Liu J, Lu LH, Chen HY, Feng X, Zhou XM, He YR, 2006. Red imported fire ant control with fipronil mound drenches and its impact in ant community. *Guangdong Agricultural Sciences*, (5): 24-27. [刘杰，吕利华，陈焕瑜，冯夏，周小毛，何余容，2006. 灌巢对红火蚁的防效评价及对蚂蚁群落的影响. 广东农业科学，(5): 24-27]

Lv LH, Feng X, Chen HY, Liu J, Liu XY, He YR, 2006. A technique for field collecting and laboratory rearing red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(2): 265-267. [吕利华，冯夏，陈焕瑜，刘杰，刘晓燕，何余容，2006. 介绍红火蚁的野外采集和实验室饲养的方法. 昆虫知识，43(2): 265-267]

Morrison LW, 2000. Mechanisms of interspecific competition among an invasive and two native fire ants. *Oikos*, 90 (2): 238-252.

Obin MS, Vander Meer RK, 1985. Gaster flagging by fire ants (*Solenopsis* spp.): functional significance of venom dispersal behavior. *Journal of Chemical Ecology*, 11(12): 1757-1768.

Porter SD, Van Eimeren B, Gilbert LE, 1988. Invasion of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae): microgeography of competitive replacement. *Annals of the Entomological Society of America*, 81: 913-918.

Shen P, Zhao XL, Cheng DF, Zheng YQ, Lin FR, 2007. Impacts of the imported fire ant, *Solenopsis invicta* invasion on the diversity of native ants. *Journal of Southwest China Normal University* (*Natural Science*), 32(2): 93-97. [沈鹏，赵秀兰，程登发，郑永权，林芙蓉，2007. 红火蚁入侵对本地蚂蚁多样性的影响. 西南师范大学学报(自然科学版)，32(2): 93-97]

Solley GO, Vanderwoude C, Knight GK, 2002. Anphylaxis due to red imported fire ant sting. *Medical Journal of Australia*, 176(11): 521-523.

Song ZD, Lu YY, Xu YJ, Huang J, Liang GW, Zeng L, 2010. Dynamic of native ants on the lawn with the invasion of *Solenopsis invicta* Buren. *Acta Ecologica Sinica*, 30(5): 1287-1295. [宋侦东，陆永跃，许益镌，黄俊，梁广文，曾玲，2010. 红火蚁入侵草坪过程中蚂蚁类群变动趋势. 生态学报，30(5): 1287-1295]

Suarez AV, Holway DA, Liang DS, Tsutsui ND, Case TJ, 2002. Spatiotemporal patterns of intraspecific aggression in the invasive Argentine ant. *Animal Behaviour*, 64(5): 697-708.

Tomalski MD, Blum MS, Jones TH, Fales HM, Howard DF, Passera L, 1987. Chemistry and functions of exocrine secretions of the ants *Tapinoma melanocephalum* and *T. erraticum*. *Journal of Chemical Ecology*, 13(2): 253-263.

Vogt JT, Reed JT, Brown RL, 2005. Timing bait applications for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mississippi: efficacy and effects on non-target ants. *International Journal of Pest Management*, 51(2): 121-130.

Wu BQ, Lu YY, Zeng L, Liang GW, 2008. Influences of *Solenopsis invicta* Buren invasion on the native ant communities in different habitats in Guangdong. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19(1): 151-156. [吴碧球，陆永跃，曾玲，梁广文，2008. 红火蚁入侵对广东多种生境中蚂蚁类群的影响. 应用生态学报，19(1): 151-156]

Zeng L, Lu YY, He XF, Zhang WQ, Liang GW, 2005. Identification of red imported fire ant *Solenopsis invicta* to invade mainland China and infestation in Wuchuan, Guangdong. *Entomological Knowledge*, 42(2): 144-150. [曾玲，陆永跃，何晓芳，张维球，梁广文，2005. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查. 昆虫知识，42(2): 144-150]

Zhang RZ, Ren L, Liu N, 2005. An introduction and strict precautions against red imported fire ant: *Solenopsis invicta*, for its potential invasion to the mainland of China. *Entomological Knowledge*, 42(1): 6-10. [张润志，任立，刘宁，2005. 严防危险性害虫红火蚁入侵. 昆虫知识，42(1): 6-10]

Zheng JH, Mao RQ, Zhang RJ, 2007. Comparisons of foraging activities and competitive interactions between the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) and two native ants under high soil-surface temperatures. *Sociobiology*, 50(3): 1165-1175.

Zheng JH, Zhang RJ, 2010. Interspecific competition between the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren and the ghost ant, *Tapinoma melanocephalum* (F.) for different food resources. *Journal of Environmental Entomology*, 32(3): 312-317. [郑基焕，张润杰，2010. 红火蚁与黑头酸臭蚁对不同食物资源的竞争. 环境昆虫学报，32(3): 312-317]

(责任编辑：袁德成)